



Universidad Zaragoza



Facultad de  
Ciencias de la Salud  
y del Deporte - Huesca  
Universidad Zaragoza

## Trabajo Final de Master.

Máster Universitario en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud.  
Universidad de Zaragoza.

# **“Distribución de las presiones plantares en jóvenes futbolistas en función de dos tipos de botas”.**

**“Plantar Pressure distribution in  
Young soccer players depending on  
type of soccer-boot”**

**Autor:** Víctor Luis Escamilla Galindo (Master Universitario en Evaluación y Entrenamiento para la Salud).

**Dirigido por:**

José Antonio Casajús Mallén (Doctor en Medicina por la Universidad de Zaragoza).

Departamento de de Fisiatría y Enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Huesca, 2016



Universidad Zaragoza



Facultad de  
Ciencias de la Salud  
y del Deporte - Huesca  
Universidad Zaragoza

## Trabajo Final de Master.

Máster Universitario en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud.

Universidad de Zaragoza.

# **“Distribución de las presiones plantares en jóvenes futbolistas en función de dos tipos de botas”.**

**“Plantar Pressure distribution in Young soccer players depending on type of soccer-boot”**

**Autor:** Víctor Luis Escamilla Galindo (Master Universitario en Evaluación y Entrenamiento para la Salud).

**Dirigido por:**

José Antonio Casajús Mallén (Doctor en Medicina por la Universidad de Zaragoza).

Departamento de de Fisiatría y Enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte. Universidad de Zaragoza.

Huesca, 2016

“Gana quien aprende más rápido.”

Ha sido un periodo breve, pero muy intenso, de esos que solo te permiten vivir en el presente. Donde el aprendizaje se percibe en el futuro, cuando ha existido el tiempo necesario para masticar todos los momentos.

Si tuviera que poner nombre a esta etapa de mi vida, la llamaría sembrando incertidumbre, pero si algo he aprendido que si se tiene la paciencia y la fe suficiente todo se cumple, solo hay que creer más que el resto y trabajar más que los demás.

Y ahora en este texto es bonito tener la oportunidad de agradecer, porque hay tantas personas que se cruzan por tu vida que dejan algo que siempre es bueno recordar. Además nunca sabes en que momento todo puede cambiar.

Empecemos por el principio. Familia.

Rodeado de los mejores como no se va ser el mejor. Mi madre, ahora, en su época más vivaz, desde que me llevaba a que le acompañase a sus clases de gimnasia. Estandarte del orden y abanderada de la administración. Guía nuestros pasos con su espíritu cada vez más optimista, cada vez más natural. Mi padre, ahora, en su época más reflexiva, tiene siempre las claves para elegir la mejor opción. Siempre ahí, siempre presente. Mi hermana, sigue siendo un ejemplo, sigue siendo el monolito de la humanidad. La debo mucho y agradecerle en un texto es demasiado pobre.

Amigos.

Es difícil salir de tu sitio, dejar lejos a la gente, pero si son de verdad, estarán y tu estarás. Todos siempre presentes, pero la vida va muy rápido y yo no quiero parar de avanzar. Por eso agradezco a los que me hacen avanzar. Javier, bendito día en el que entro en el laboratorio y veo a un tipo medio desgarbado, en chándal y con una actitud de morder en el cuello a la vida. Genio. Ismael, bendito día en el que entra en bicicleta en el laboratorio y dice: “te presento a mi Porsche, la vida de investigador no da dinero”, a lo que habría que apuntar que en dos semanas se iba a Australia, a la Universidad. Me río del dinero. Ales, bendito día en el que nos separamos porque aprendimos que la amistad no se mide por cercanismo, si no por cercanía. Barrio, que te quedas ahí, impertérrito siempre atento para los que quieran volver, doy gracias por ser de barrio.

Trabajo.

Afortunado por poder desarrollar habilidades en un sitio, que ofrece crecimiento exponencial, gracias Javier y Víctor, sois dos grandes referentes.

Fin... de un nuevo capítulo, que no de una etapa, ni de un ciclo para eso todavía queda. Por lo menos 3 años.

## RESUMEN.

El fútbol es uno de los deportes más practicados por los jóvenes donde las lesiones suponen un foco de atención importante por los perjuicios económicos y deportivos que suponen. Los factores de riesgo para la lesión en el fútbol se pueden clasificar en extrínsecos e intrínsecos según la participación del deportista. Los extrínsecos pueden representar factores como el tipo de calzado, el tipo de terrenos de juego o las tareas motrices diseñadas por el entrenador. Mientras que factores intrínsecos están relacionados con la morfología del miembro inferior, el género o la capacidad física del atleta. El objetivo de este estudio es determinar la distribución de las presiones plantares según el tipo de bota, el tipo de pie y el género, de una habilidad futbolística sobre una superficie de césped artificial. Se distribuyeron de forma aleatoria a 64 sujetos (44 Chicos (68,75%) y 20 chicas (31,25%) de  $12,6 \pm 0,56$  años  $45,4 \pm 9,20$  kg de peso y  $153,1 \pm 7,66$  cm de altura) dos tipos de botas, Multitaco (n=41) y Turf (n=23) para realizar una tarea específica del fútbol, que incluía saltos, cambios de dirección y esprines, a la máxima velocidad. La medición de las presiones plantares se realizó con el sistema Biofoot (BioFoot/IBV11, Valencia, España). Los resultados mostraron diferencias significativas entre chicos y chicas en la parte externa de ambos pies (derecha externa (F(1, 20) = 233,3  $\pm$  115,76 kPa p=0,011); izquierda externa = (F(1, 20) = 270,5  $\pm$  145 kPa p=0,029) entre tipo de calzado para la parte externa del pie derecho (F(1, 20) = 241,2  $\pm$  124,70 kPa p=0,004) entre los sujetos con pie plano y pie cavo en la parte externa de ambos pies (derecha cavo (F(2, 30) = 261  $\pm$  91,05 kPa p=0,012) contra derecha plano (F(2, 30) = 169,9  $\pm$  91,05 kPa p=0,012) e izquierda cavo (F(2, 30) = 294,9  $\pm$  147,91 kPa p=0,05) frente a izquierda plano (F(2, 30) = 196,5  $\pm$  65,65 kPa p=0,05) y entre el pie izquierdo y el derecho en todas las zonas (Externa = (F(1,10)= 250,3  $\pm$  136,06 kPa p=0,01); interna (F(1,10)= 305,7  $\pm$  102,47 kPa p=0,00); Retropié (F(1,10)= 536,6  $\pm$  266,43 kPa p=0,00); Mediopié (F(1,10)= 209,8  $\pm$  147,98 kPa p=0,00) y Antepié (F(1,10)= 297,7  $\pm$  113,90 kPa p=0,00) durante la tarea. Las conclusiones de este trabajo indican que la elección de las tareas, el tipo de pie, el género y el tipo de bota son variables que afectan a la distribución de las presiones plantares siendo necesaria su elección eficiente para el mejor desempeño y prevención de posibles lesiones del jugador de fútbol.

**Palabras clave:** Fútbol, presión, biomecánica, calzado, genero.

## ABSTRACT.

Soccer is one of the most practice sport by young players, where injuries are an important issue to consider, due to economic and performance cost. The risk factors could be categorized in extrinsic and intrinsic according to athlete participation. Extrinsic factor could be type of shoe, surface of ground or the athletic task. On the other hand, intrinsic factors could be lower limb morphology, gender or physical state. The aim of the study was determining the plantar pressure distribution according to kind of shoe, type of foot and gender, during a soccer task on artificial grass surface. Two kind of shoes (Moulded cleats (n=41) and Turf (n=23)) was distributed to 64 players ( 44 guys (68,75%) and 20 girls (31,25%) 12,6  $\pm$  0,56 years 45,4  $\pm$  9,20 kg y 153,1  $\pm$  7,66 cm) to perform an unique soccer task that include jumps, change of directions and sprint, performed at maximum speed. Measurement was made with insole on-shoe Biofoot system (BioFoot/IBV11, Valencia, Spain). The results shown significant differences between guys and girls (Right external =  $F(1, 20) = 233,3 \pm 115,76$  kPa  $p=0,011$ ); Left external =  $(F(1, 20) = 270,5 \pm 145$  kPa  $p=0,029$ ) between the kind of shoe in the external area ( $F(1, 20) = 241,2 \pm 124,70$  kPa  $p=0,004$ ); between the cavus foot and planus foot (Right cavus foot ( $F(2, 30) = 261 \pm 91,05$  kPa  $p=0,012$ ) versus right planus foot ( $F(2, 30) = 169,9 \pm 91,05$  kPa  $p=0,012$ ) and left cavus foot ( $F(2, 30) = 294,9 \pm 147,91$  kPa  $p=0,05$ ) versus left planus foot ( $F(2, 30) = 196,5 \pm 65,65$  kPa  $p=0,05$ ) and between left and right foot in all areas (External =  $(F(1,10)= 250,3 \pm 136,06$  kPa  $p=0,01$ ); internal ( $F(1,10)= 305,7 \pm 102,47$  kPa  $p=0,00$ ); rearfoot ( $F(1,10)= 536,6 \pm 266,43$  kPa  $p=0,00$ ); medialfoot ( $F(1,10)= 209,8 \pm 147,98$  kPa  $p=0,00$ ) y forefoot ( $F(1,10)= 297,7 \pm 113,90$  kPa  $p=0,00$ ) during activity. Conclusions shown that soccer task, type of foot, gender and type of shoe are variables that could affect the plantar pressure distribution and it is important to make the best choices to improve the performance and prevent potential injuries in young soccer players.

Keywords: Soccer, pressure, biomechanics, shoes, gender.



## ÍNDICE DE CONTENIDOS.

	Nº Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS .....	11
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	13
4. RESULTADOS .....	17
5. DISCUSIÓN .....	21
6. CONCLUSIONES .....	27
7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	29
8. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	31
9. REFERENCIAS.....	33





## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.

	Nº Pág.
<b>Tabla 1.</b> Valores descriptivos.....	17
<b>Tabla 2.</b> Valores de la distribución de la muestra por grupos y el porcentaje que suponían del total. ....	17
<b>Tabla 3.</b> Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) para el grupo Chico (N=44) y Mujer (N=20) * indica los valores en los que se encontró una diferencia significativa de un grupo respecto al otro grupo. ( $p \leq 0,05$ ).....	18
<b>Tabla 4.</b> Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) para el grupo Multitaco (N=41) y Turf (N=23) * indica los valores en los que se encontró una diferencia significativa de un grupo respecto al otro grupo. ( $p \leq 0,05$ )..	19
<b>Tabla 5.</b> Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) para el tipo de pie Normal (N=28), Plano (N=18) y cavo (N=18) * indica los valores en los que se encontró una diferencia significativa de un grupo respecto al otro grupo. en el ANOVA. § Diferencia significativa entre los grupos cavo y plano ( $p \leq 0,05$ ).....	19
<b>Tabla 6.</b> Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) * indica los valores en los que se encontró una diferencia significativa de un grupo respecto al otro grupo. ( $p \leq 0,05$ ).....	20
 <b>Figura 1.</b> Ejercicio específico de las acciones de fútbol, implementado como test...	 13
<b>Figura 2.</b> A) Adidas Nitrocharge 3.0 Trx AG. B) Adidas Nitrocharge 3.0 Trx Turf.	14
<b>Figura 3.</b> Sobre posición de la suela de la bota y la plantilla instrumentada por secciones. Sección 1 (Región Antepié); Sección 2 (Región Mediopié); Sección 3 (Región Retropié); Sección 4 (Región Medial) y Sección 5 (Región Lateral). Nota: Todas las zonas son analizadas para la pierna derecha y para la pierna izquierda. ....	15
<b>Figura 4.</b> El ángulo del arco (D) se define como la línea que conecta la parte más medial del metatarso con la línea más medial del talón (AB) y el punto más lateral del borde medial del pie con la parte más medial del metatarso (AC). Adaptado de B. Chuckpaiwong et al (2008).....	16
<b>Figura 5.</b> 1) Corresponde a las zonas con diferencias significativas entre los Chicos que presentaban valores de mayor presión y la mujeres. 2) La zona con diferencia significativa entre las botas de multitacos con mayor presión en la zona externa y el turf. 3) Muestra la zona con diferencias significativas entre los jugadores con pie cavo con mayor presión en la zona externa y los de pie plano. 4) Representa la comparación entre la lateralidad, donde el pie izquierdo muestra mayores presiones en el pie izquierdo en la zona interna, externa y de antepié frente al derecho. ....	21

## INDICE DE ABREVIATURAS.

Índice de abreviaturas expresadas por orden alfabético.

**AG** = Artificial grass “césped artificial”

**Anova** = Análisis de la varianza

**Ante** = Anterior

**cm** = Centímetros.

**Der** = Derecho

**DE** = Desviación estándar.

**EMG** = Electromiografía

**Ext** = Externo.

**Int** = Interno

**Izq** = Izquierdo

**kg** = Kilogramos.

**KPa** = Kilo pascales

**Retro** = Retropié

**Max** = Máximo

**mHz** = Mili hercios

**Medio** = Mediopié

**mm** = Milímetros

**°** = Grados

## 1. INTRODUCCIÓN.

El fútbol es el deporte más popular del mundo. Practicado por más de 265 millones personas, además de los 5 millones de árbitros que regulan el deporte hacen que la cifra de personas que desarrollan actividad física alrededor del fútbol sea 270 millones. De los cuales 239 millones son hombres y 26 millones son mujeres. El porcentaje de chicos jóvenes registrados (por debajo de 18 años) es del 54,7% del total de registros masculinos, mientras que el 69,6% del total de mujeres son chicas jóvenes (por debajo de 18 años) (1).

Una de las mayores preocupaciones de los profesionales del fútbol es el índice de lesión y la gravedad de estas debido a las consecuencias clínicas y económicas que supone (2).

En un estudio de Wong (3) investigaron los mecanismos de lesión que sucedían por contacto los cuales representaban un 40% y los que se producían sin contacto que eran el 60% de los casos.

Diferentes factores de riesgo, tanto extrínsecos como intrínsecos, pueden propiciar la incidencia de estas lesiones (4). Los factores extrínsecos están relacionados con el ambiente del deportista, mientras que los factores intrínsecos son dependientes del deportista e incluyen variables como la edad, lesiones previas o el estado de forma. Uno de los considerados factores extrínsecos es el calzado del deportista que podría contribuir al riesgo de lesión por sobreuso (5,6). Mientras que un factor intrínseco determinante puede ser la morfología del pie que presenta el atleta (7).

El pie representaba una de las partes más lesionadas del futbolista (3). La epidemiología determina las fracturas de estrés de los metatarsianos, fascitis, metatarsalgias, neuromas interdigitales y sesamoiditis la mayoría de ellas causadas por mecanismos de repetición y soportar cargas altas de forma reiterada sobre la estructura del pie como las lesiones más frecuentes (8-10). Además de los movimientos característicos del fútbol que incluyen desplazamientos a alta velocidad, cambios de dirección, giros, saltos y aterrizajes monopodales propician la mayoría de las lesiones (11-13)

Una investigación de Ekstrand (14) concluyo como una de las principales problemáticas del pie de los futbolistas jóvenes era la fractura del quinto metatarsiano, pues estos la sufrían más que los más mayores. Además, las lesiones ocurrían al principio de las temporadas, especialmente en la pretemporada, lo que refuerza la idea

de que el mecanismo de sobreuso es un factor de riesgo para este tipo de patología, porque las pretemporadas concentran periodos de entrenamiento con cargas repetitivas. Otro factor de riesgo son los traslados de la categorías inferiores, con un menor nivel de partidos, al equipo profesional donde se intensifica la carga de juego podría explicar porque se encontraron valores de riesgo de fractura por estrés más altos en los jóvenes futbolistas. Estos datos se relacionan con los de otros investigadores (15,16).

Las diferentes morfologías del pie se asocian con riesgos e incidencias de lesión en el deporte (7). Examinando el tipo de pie, la literatura indica que los deportistas con el pie plano pueden incrementar la incidencia y el riesgo para las lesiones por sobreuso del miembro inferior incluidas las fracturas metatarsales, el síndrome de la cintilla iliotibial y el síndrome de patelofemoral (17). Además de aumentar el riesgo para lesiones de rodilla o distensiones de tobillo (17,18). Mientras que los individuos con el pie cavo aumentan el riesgo de fracturas por estrés en la tibia y en el quinto metatarsiano (19).

Sneyers et al. (20) examinaron las diferencias en los patrones de presión plantar de los pies planos, pies cavos y de los pies normales durante la carrera sin zapatillas. Los resultados del estudio indican que las presiones relativas debajo del mediopié estaban disminuidas en los pies cavos debido a la falta de deformación que existe. Además, los pacientes con pies planos no mostraron un cambio significativo en el desplazamiento hacia la parte medial del antepié.

El pie plano conlleva una serie de adaptaciones posturales que pueden favorecer a una rotación externa de la tibia (21).

Otro estudio de Chuckpaiwong et al. (22) examinó el tipo de pie durante una tareas específicas de fútbol para entender los posibles riesgos de lesión. Los autores encontraron diferencias significativas entre el área de contacto y las máximas presiones en la zona medial de mediopié, que fue mayor para los pies planos, mientras que el pico de presión y la distribución de las presiones plantares disminuyeron en la parte lateral del antepié comparados con los pies normales.

La literatura científica demuestra que individuos con el pie plano tienen una mecánica de la marcha incorrecta que incrementa el área de contacto y la presión sobre la zona medial del pie, lo que podría favorecer una carga sobre los ligamentos y los tendones alterando la función normal de la articulación (20,23).

La presión plantar de la zona medial de mediopié es mayor en sujetos con pie plano, que los deportistas con pie normal durante las actividades deportivas (22,24). En un estudio reciente de Queen et al. (24) los sujetos con pie plano durante cuatro tareas deportivas demostraron una diferencia en el incremento de la presión en el retropié, en la zona medial y lateral de mediopié comparados con los sujetos con pies normales. Sin embargo, las acciones de cambios de dirección y de carrera lanzada, fueron las únicas que obtuvieron el incremento estadísticamente significativo en la zona lateral de mediopié, debido posiblemente a que el pie falla en el propósito de mantener el arco y contacta con mayor área.

Una de las razones del alto índice de lesiones en el fútbol podría deberse al diseño del tipo de calzado y la elección del mismo según el terreno de juego, considerado como factor extrínseco. Es por ello que estudios previos (3,25) concluyen que el 17% de las lesiones en el fútbol fueron causadas por diseños ineficientes del equipamiento. Siendo de gran relevancia, los causados por mecanismos relacionados con las botas de fútbol que resultaron ser el 77% del grupo de equipamiento ineficiente.

En términos de diseño la bota de fútbol se puede categorizar de tres formas, las atornilladas, las suelas moldeadas y las Turf. Cada suela varía en función del número y longitud de los tacos. En general, las suelas atornilladas se usan para terrenos donde la intención es clavar el taco por completo, distribuyendo así la presión por el área de superficie. Las suelas moldeadas en la que los tacos están unidos directamente a la bota son de una longitud y número moderados, se usan para terrenos con menor capacidad de penetración, los tacos ofrecen una pequeña cantidad de absorción de impacto y resistencia a la fricción, distribuyen la presión plantar. En las Turf el aumento del número de tacos y la disminución de su longitud hace que sean especialmente diseñadas para hierbas artificiales muy duras o terrenos sintéticos, esta configuración hace que la distribución sea uniforme por toda el área de la suela y que tengan un buen grado de tracción (26).

Las investigaciones muestran cómo afecta la bota de fútbol en las presiones plantares durante la carrera comparada con las zapatillas, las botas de fútbol aumentan excesivamente la presión en la zona lateral de medio pie. Para prevenir la fractura del quinto metatarsiano en los jugadores de fútbol se recomendaría que entrenaran todos los ejercicios más concernientes a la carrera en zapatillas evitando el uso de botas de fútbol (27).

El terreno de juego representa un factor extrínseco que ha sido investigado para determinar la elección del calzado correcto para minimizar el riesgo de lesión (28). Además en hierba artificial acontecen mayores incidencias de lesiones en la epidermis por causa de abrasiones, y lesiones musculares como distensiones, probablemente como resultado de las grandes velocidades de juego y la fatiga (28-30). Por otro lado, el terreno de hierba natural favorece mayores incidencias de contusiones y desgarros ligamentosos, posiblemente vinculados con la relación bota - tracción del suelo (28,31)

El tipo de superficie cuando realizamos actividad física puede aumentar significativamente las presiones en el antepié o en el retropié debido a su amortiguación. En hierba natural el tiempo de contacto, el área de contacto y la atenuación del pico de presiones máximas en antepié y retropié es mayor, puede ser debido a la flexibilidad en el acoplamiento distal de la extremidad, en concreto al complejo articular tibioastragalino, a ese terreno más mullido que podría utilizarse para atenuar las cargas en el pie. Mientras que en el asfalto las cargas se distribuyen de forma más heterogénea sobre la zona plantar y en especial sobrecargan la región lateral del retropié (32).

El terreno de juego en el fútbol afecta significativamente la distribución de las presiones plantares durante el desarrollo, en los dos tipos de terreno la hierba natural y la hierba artificial. En superficies de hierba natural existen mayores presiones relativas en la región medial del antepié relacionadas con la absorción del suelo. Mientras que en superficies de hierba artificial las presiones máximas laterales durante actividades de cambios de dirección podrían estar relacionadas con los mecanismos de estrés de la fractura de Jones como resultado de los movimientos repetitivos de eversión (33).

Las presiones plantares se han investigado en el deporte para determinar los patrones subyacentes a diferentes tareas deportivas, como correr a diferentes velocidades, el golpeo de balón en fútbol, cambios de dirección y saltos. Estos patrones sirven para diferenciar entre las condiciones de normalidad y los patrones susceptibles a generar lesión (33).

Con la fatiga las presiones plantares varían, se incrementan las cargas para el antepié, lo que podría llevar al desarrollo de fracturas por fatiga (34) Además se incrementa la presión en la zona medial de mediopié debido a una pronación pronunciada (35). Debido al esfuerzo exhaustivo y el detrimento de la funcionalidad en los dedos durante la fase de empuje, las cargas se transfieren desde la región de los dedos hacia el antepié, lo que causa un aumento de las cargas de flexión sobre las cabezas metatarsales. Este mecanismo podría explicar el riesgo inducido por la fatiga

de las fracturas por estrés en la zona metatarsal en los corredores de larga distancia (36). Estas presiones varían reduciéndose en el Hallux y la parte lateral del retropié independientemente del terreno en el que se corra (37).

Por otro lado la activación muscular medida con EMG durante la carrera relaciona la fatiga con un detrimento en la actividad de los gastrocnemios y del bíceps femoral, lo que causa una mayor carga en el antepié, que podría estar relacionada con una modificación de la fase de balanceo de la pierna durante la marcha y un aumento de la pronación (38).

El estudio de Weist et al. (38) muestra como durante un estado de fatiga la distribución de las presiones plantares revelaron un incremento significativo de los picos de presión, las fuerzas máximas y el impulso bajo el antepié y la zona medial del mediopié.

Las presiones plantares en los movimientos específicos del fútbol es un campo de investigación reciente, diversos estudios (39-41) muestran como las habilidades de correr, de cambiar de dirección, de esprintar y de golpear la pelota tienen diferentes patrones de distribución de las presiones plantares.

En su estudio Eils et al. (39) investigó la distribución en cuatro movimientos, la carrera donde las principales zonas de presión se encuentran bajo el retropié, las cabezas metatarsales y el hallux. En las acciones de cambio de dirección la zona medial del retropié y del antepié; y el hallux fueron las zonas con la mayor presión media. En los esprints, la principal zona de presión se encontró en el antepié (la zona medial del antepié y el hallux, la zona central del antepié y el segundo dedo) especialmente la zona medial del antepié fue la más sobrecargada. En los golpes toda la zona lateral del pie fue la que sufrió un aumento de la presión. Comparados con la carrera, el golpeo y los cambios de dirección fueron los gestos deportivos que más sobrecargaron al pie generando presiones elevadas.

Otro estudio de Wong et al. (40) investigó la influencia y la amplitud de la distribución de las presiones plantares durante cuatro movimientos propios del fútbol. En general, los desplazamientos laterales y los cambios de dirección con un ángulo de 45° grados obtuvieron las máximas presiones, mientras que el salto obtuvo las menores presiones comparadas con la carrera. Entre estos movimientos, las zonas con mayor presión fue la parte medial del pie. En particular, el hallux, el antepié por su parte medial, la zona central del antepié y la parte lateral del retropié, lo que como hemos visto podría conllevar mayores riesgos de lesión.

Cuando se compara las presiones plantares de la pierna “preferida”, es decir la pierna de golpeo y manejo del balón, con la no “preferida” se encuentran diferencias entre ambas para un mismo individuo. El conjunto total de las presiones plantares para la pierna preferida fue mayor. Especialmente, durante la fase de despegue del pie, mientras que en la fase de aterrizaje del pie no preferido se encontraron picos mayores de presión máxima, este fenómeno podría ser debido a una tendencia de la pierna preferida a ejercer más fuerza en el movimiento y a la pierna no preferida a tener un rol más orientado a la estabilización del cuerpo (41).

Petry et al. (42) evaluó la estabilidad postural, la distribución de las presiones plantares estáticas y las presiones plantares dinámicas durante un entrenamiento de fútbol. Los resultados mostraron que tanto la sesión de entrenamiento de fútbol, como la edad, tuvieron relevancia en la influencia en la estabilidad postural y solo la edad tuvo relevancias sobre la distribución de las presiones plantares. Los parámetros de la evolución de las presiones en dinámico se ven afectadas tanto por la edad como por el entrenamiento como por la combinación de ambos. El entrenamiento relacionado con la edad parece afectar más en el detrimento de la estabilidad postural a los jóvenes, que tienen un incremento significativo de las presiones pico en las zonas que previamente antes del entrenamiento ya estaban sobrecargadas.

Existe una diferencia en la distribución de las presiones plantares entre hombre y mujeres (43). Las mujeres tienen valores de tiempo de contacto mayores en la parte medial del pie, además de mayores presiones en la zona medial de antepié. Por otro lado, los hombres tienen mayores valores de presión en la parte lateral del pie. Lo que refuerza la idea de diseños que permitan la prevención de fracturas por estrés metatarsal que sean específicos al género (43).

El estudio de Sims et. Al. (44) examinó esas diferencias de sexo durante las habilidades futbolísticas. Durante el cambio de dirección de 180° los hombre mostraron un incremento en la presión plantar y en la integral fuerza-tiempo debajo de la zona lateral del pie, especialmente en el mediopié y en el antepié comparados con las mujeres.

Por otra parte, las mujeres tienden a incrementar la eversión del retropié durante las acciones de carrera y cambios de dirección, aumentando la presión plantar bajo la zona medial del pie (45-49).

Los sistemas de medición de las presiones plantares en dinámico dentro de las botas de fútbol representan una herramienta con validez y eficacia (50,51). Tanto para



trayectorias lineales como circulares, en la comparación entre ambos pies de un mismo individuo. El sistema de plantilla instrumentadas es confiable para cuantificar las áreas de contacto y las presiones plantares debajo de la región del pie. Esta técnica puede usarse para diseñar estudios que investiguen los riesgos de lesión en el pie, el tobillo y la extremidad inferior (50).

Uno de los principales motivos de abandono de la práctica deportiva y de la pérdida de talento en los jóvenes son las lesiones, el desarrollo de la habilidad deportiva y de las capacidades físicas requiere entrenamiento, la pérdida de este por causa de lesión, así como el mayor porcentaje de recaída tras una lesión, son obstáculos que los jóvenes se encuentran en su carrera deportiva. Para mejorar su salud y su estado de forma controlar la incidencia de lesiones es una de las estrategias más importantes para aumentar las opciones de adherencia a la práctica deportiva (52,53).

Además los factores psicológicos tras una lesión afectan negativamente a los deportistas aumentando las respuestas emocionales negativas, el nivel de ansiedad, depresión y auto concepto, lo que pueden alejarle de la práctica deportiva (54).

Además está demostrado que el mejor método para desarrollar la costumbre de la práctica de actividad física en la edad adulta es participar en actividades deportivas sistemáticas y frecuentes, como puede ser el fútbol, en la juventud. Por ello evitar las lesiones debe ser una de las premisas principales que persiga un programa de prescripción de ejercicio físico (55).

Por lo tanto en este estudio pretendemos registrar las presiones plantares en futbolistas jóvenes durante las habilidades propias del fútbol para determinar la distribución y el efecto sobre el tipo de pisada dependiendo del tipo de pie y género. Además se debe contemplar la interacción del tipo de bota en la superficie de juego, al alterar la distribución de las presiones.



## **2. HIPOTESIS Y OBJETIVOS.**

### **HIPÓTESIS**

Las presiones plantares se modifican en función del tipo de bota utilizado en acciones deportivas sobre una superficie de césped artificial. Además, las variables de tipo de pie y genero van a influir en su modificación.

Objetivo principal:

Identificar las diferencias en la distribución de las presiones plantares de un grupo de futbolistas jóvenes en función del tipo de bota, el genero y el tipo de pie.

Objetivos secundarios:

Determinar como la elección de las tareas en el fútbol pueden afectar a la distribución de las presiones plantares.

Determinar la correcta elección del calzado en función de la superficie de juego y del momento de la temporada.

Establecer las recomendaciones de uso de calzado entre los géneros según la distribución de las presiones plantares.

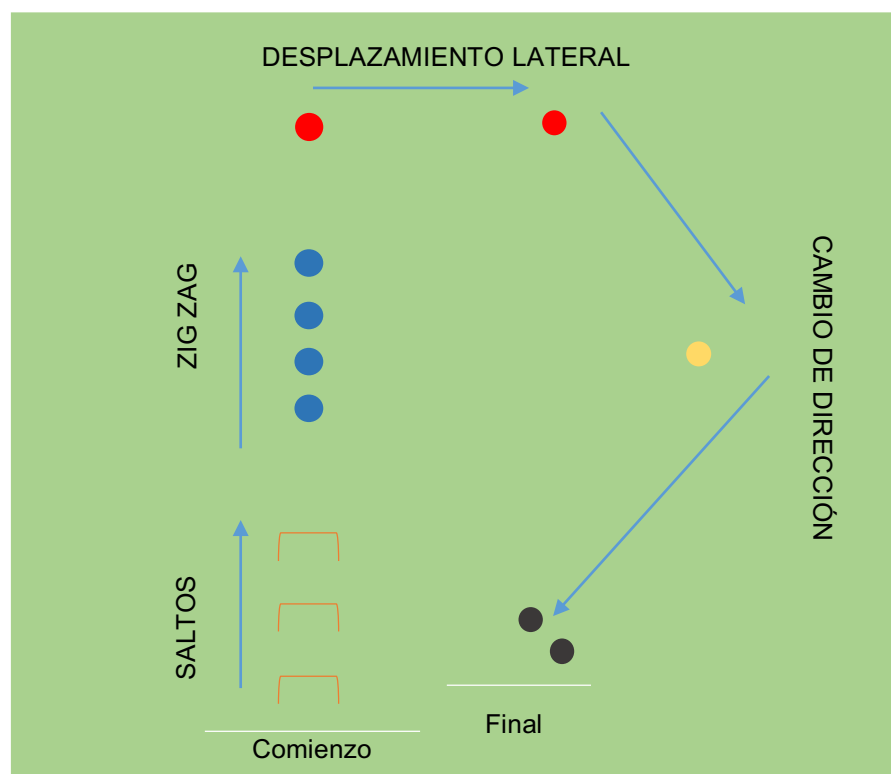
Determinar que lateralidad que más interviene según la actividad realizada.



### 3. MATERIAL Y MÉTODOS.

Se seleccionaron 120 sujetos de las categorías inferiores de varios equipos de la región de Aragón, de los cuales completaron el proceso de testeo 64 (44 Chicos (68,75%) 20 chicas (31,25%) de  $12,6 \pm 0,56$  años  $45,42 \pm 9,2$  kg de peso y  $153,1 \pm 7,66$  cm de altura); los motivos de exclusión fueron la falta de asistencia: debían participar de las sesiones de entrenamiento al menos dos días a la semana; la presencia de lesión: no debían padecer, ni haber padecido en los últimos seis meses ninguna lesión del miembro inferior; y la pérdida de los datos en el análisis durante la ejecución de la prueba en el registro de los datos. Los sujetos realizaron un ejercicio característico del fútbol sobre una superficie de césped de tercera generación.

La tarea deportiva consistía en saltar tres vallas de una altura de 15 cm y colocadas a una distancia de 30 cm entre ellas, seguido de un desplazamiento en zigzag colocado a 3 metros de las vallas, el zigzag se realizaba entre cuatro postas colocadas a 1 metro entre sí. Seguidamente corrían hasta un cono otros 3 metros para realizar un desplazamiento lateral hacia la derecha de 4 metros, un cambio de dirección y un esprín de 6 metros. (Figura 1)



**Figura 1.** Ejercicio específico de las acciones de fútbol, implementado como test.

Para evitar interferencias en el registro los jugadores esperaban sentados en una silla con los pies en alto para comenzar y se les instruyó a que ejecutaran el test a la máxima velocidad posible. Todos los movimientos son réplicas de las acciones más características del fútbol a alta intensidad (56).

Los instrumentos de medición que se usaron para la realización de los test fueron: unas fotocélulas (Byomedics, Barcelona, España) que marcaban el tiempo de inicio y final de la prueba; y las plantillas instrumentadas validadas (52) (BioFoot/IBV11, Valencia, España.) que tenían las siguientes especificaciones técnicas: consta de dos plantillas de 0,7 mm de espesor, con 64 sensores piezoeléctricos cada una, que van unidas a dos amplificadores, que se conectan por cable a un módulo de transmisión que se colocó en la cintura del jugador. El módulo de transmisión envía los datos a un ordenador mediante telemetría digital. Los datos emitidos por las plantillas se visualizan en forma de mapas de presiones o numéricos, con diferentes formatos, gráficas y parámetros. Las variable de presión máxima que registran son 1200 kPa, resolución de medida es de 0.1 kPa y el registro de datos a una frecuencia de muestreo de 100 mHz durante 15 segundos. Los jugadores colocaron las plantillas instrumentadas dentro de las botas que se les proporcionaron.

Los dos tipos de botas que se les facilitaron fueron: Adidas Nitrocharge 3.0 Trx AG (Adidas, Alemania) con 22 tacos moldeables incorporados en la suela y con sistema traxion 2.0 (Multitaco) y las Adidas turf (Turf) con 70 tacos de EVA específicas para terrenos de césped artificial fueron proporcionadas de forma aleatoria a los jugadores. (Figura 2)



**Figura 2.** A) Adidas Nitrocharge 3.0 Trx AG.(Multitaco) B) Adidas Nitrocharge 3.0 Trx Turf. (Turf)

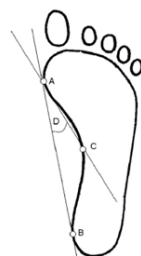
Las zonas de registro del sistema fueron divididas en cinco secciones usando el software BioFoot/IBV (versión 6.1): la zona lateral del pie, la zona medial del pie, el retropié, el mediopié y el antepié. Que correspondían a diferentes zonas de los tacos del calzado. (Figura 3). Para cada zona se obtuvieron los valores de pico de presión máxima (kPa), porcentaje de tiempo del pico de presión máxima (%) , el máximo de la

presión media (kPa) y el porcentaje de tiempo de la presión media (%). El porcentaje de tiempo lo calcula relacionando la presión máxima con el tiempo que está siendo ejercida. Para el análisis estadístico se eligió el máximo de la presión media por ser el valor que estudios ha relatado como de mayor confianza intersujeto (52). El sistema define el Máximo de la Presión Media (Kpa) como el valor máximo de la presión media de la zona analizada



**Figura 3.** Sobre posición de la suela de la bota y la plantilla instrumentada por secciones. Sección 1 (Región Antepié); Sección 2 (Región Mediopié); Sección 3 (Región Retropié); Sección 4 (Región Medial) y Sección 5 (Región Lateral). Nota: Todas las zonas son analizadas para la pierna derecha y para la pierna izquierda.

El tipo de pie para los pacientes fue determinado a través de la altura desde el suelo al navicular con el pie en carga en la vista lateral, que ha sido investigado que por debajo de 37 mm el pie presenta signos de pie plano y por encima de 40mm presentará signos de pie cavo (57). El ángulo del arco, que se forma desde la vista plantar, se define como el ángulo formado por la línea que conecta la parte más medial del talón con la parte más medial del metatarso y el punto más lateral de la zona medial del borde del pie con la parte del metatarso medial, que si se encuentra por debajo de  $46^\circ$  se considera plano y por encima del  $55^\circ$  se considerara cavo (57). (Figura 4) Para poder clasificar el pie en normal, plano o cavo debían cumplir los dos criterios. (La altura del navicular y el ángulo del arco en la vista plantar.)



**Figura 4.** El ángulo del arco (D) se define como la línea que conecta la parte más medial del metatarso con la línea más medial del talón (AB) y el punto más lateral del borde medial del pie con la parte más medial del metatarso (AC). Adaptado de (22)

Antes de realizar el test, los jugadores realizaron un calentamiento previo en el que se familiarizaron con el uso del sistema incorporado en sus botas y experimentaron diferentes movimientos para que no interfirieran con su mecánica normal de movimiento.

El análisis de los datos se realizó sobre la distribución de las presiones plantares de toda la prueba sin diferenciar los momentos del salto, zig-zag, desplazamiento lateral o cambio de dirección, calculando la media de la distribución de las presiones plantares de toda la prueba.

Para los análisis estadísticos se usó el software SPSS versión 22 (IBM, Chicago, USA) con el nivel de significancia fijado al nivel de  $p < 0.05$ . Se presentan los estadísticos descriptivos en el formato, media y desviación estándar. Se realizó el test Kolmorov-Smirnov para ver si los registros seguían una distribución normal, la variable elegida para el análisis (máximo de las presiones medias) seguía una distribución normal. Se realizó un T-student para las variables género, tipo de bota y lateralidad. Mientras que para el tipo de pie se realizó la prueba estadística Anova de un factor, con el post-hoc de Bonferroni.



#### 4. RESULTADOS.

A continuación se muestra la tabla de los datos descriptivos para todas variables principales del estudio están reportan las zonas de cada región que las plantillas instrumentadas registraban para sus valores medios.

Estadísticos descriptivos			
VARIABLES	N	Media	Desviación estándar
Edad (años)	64	12,6	0,56
Peso (kg)	64	45,4	9,20
Altura (cm)	64	153,1	7,66
Max Presión Media (Kpa) der ext	64	214,2	111,12
Max Presión Media (Kpa) der int	64	258,4	96,61
Max Presión Media (Kpa) der retro	64	444,7	170,43
Max Presión Media (Kpa) der medio	64	183,9	129,28
Max Presión Media (Kpa) der ante	64	268	101,01
Max Presión Media (Kpa) iz ext	64	250,3	136,06
Max Presión Media (Kpa) iz inte	64	305,7	102,47
Max Presión Media (Kpa) iz retro	64	536,6	266,43
Max Presión Media (Kpa) iz medio	64	209,8	147,98
Max. Presión Media (Kpa) iz ante	64	297,7	113,90

**Tabla 1.** Valores descriptivos

La siguiente tabla muestra cómo se repartieron los sujetos y los porcentajes que suponían del total.

Variables	N	Porcentaje
Pie Normal	28	43,8%
Pie Plano	18	28,1%
Pie Cavo	18	28,1%
		100%
Turf	23	35,9%
Multitaco	41	64,1%
		100%
Mujer	20	31,3%
Hombre	44	68,8%
		100%

**Tabla 2.** Valores de la distribución de la muestra por grupos y el porcentaje que suponían del total.

La siguiente tabla muestra los valores de la variable máximo de la presión media (kPa) según el genero, para cada una de las regiones que las plantillas instrumentadas registraban.

			Chico (N = 44)		Mujer (N= 20)		P Valor
			Media	DE (±)	Media	DE (±)	
MAXIMO PRESION MEDIA (KPA)	Pie Derecho	Externa	233,3	115,76	172,1	88,89	0,01*
		Interna	269,2	100,63	234,7	84,69	0,17
		Retropié	415,6	157,73	508,8	183,59	0,041*
		Mediopié	200	144,05	148,4	80,84	0,11
		Antepié	290,2	98,75	219	89,94	0,008*
	Pie Izquierdo	Externa	270,5	145,15	206	103,36	0,029*
		Interna	322,6	105,37	268,4	86,95	0,049*
		Retropié	523,9	254,24	564,5	296,45	0,64
		Mediopié	219,9	157,68	187,7	124,88	0,66
		Antepié	313,1	113,18	263,8	110,79	0,10

**Tabla 3.** Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) para el grupo Chico (N=44) y Mujer (N=20) \* ( $p \leq 0,05$ ).

Los resultados indican que los valores del máximo de presión media para las zonas externas del pie fueron significativamente mayores para los chicos (pierna derecha externa ( $F(1, 20) = 233,32 \pm 115,76$   $t(63)=2,61$   $p=0,011$ ); pierna izquierda externa = ( $F(1, 20) = 270,52 \pm 145,15$   $t(63)=2,24$   $p=0,029$ ) mientras que los valores para retropié de la pierna derecha fueron mayores para las mujeres (pierna derecha retropié = ( $F(1, 20) = 508,80 \pm 183,59$   $t(63)=-2,08$   $p=0,041$ )). Además la parte interna de los chicos en la pierna derecha también ejerció mayor presión que las mujeres (pierna derecha interna = ( $F(1, 20) = 322,60 \pm 105,37$   $t(63)=2,08$   $p=0,049$ )) Indicando que toda la pierna derecha de los chico ejerció mayor presión que la pierna derecha de las mujeres.

Las siguientes tabla muestra los valores de la variable máximo de la presión media (kPa) según el tipo de bota utilizado y el tipo de pie, para cada una de las regiones que las plantillas instrumentadas registraban.

			Multitaco (N=41)		Turf(N=23)		P Valor
			Media	SD ( $\pm$ )	Media	SD ( $\pm$ )	
MAXIMO PRESION MEDIA (KPA)	Pie Derecho	Externa	241,2	124,70	166	57,41	0,004*
		Interna	269,8	105,83	238,2	75,45	0,32
		Retropié	463,8	177,52	410,6	154,86	0,23
		Mediopié	204,6	152,59	146,9	57,44	0,06
		Antepié	283	111,30	241,2	74,31	0,11
	Pie Izquierdo	Externa	258	131,30	236,6	146,15	0,47
		Interna	312,6	110,89	293,3	86,36	0,47
		Retropié	524,2	281,13	558,6	242,46	0,44
		Mediopié	216,2	162,05	198,4	121,45	0,97
		Antepié	313,9	121,74	268,9	94,07	0,13

**Tabla 4.** Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) para el grupo Multitaco (N=41) y Turf (N=23) \* ( $p \leq 0,05$ ).

			Normal (N=28)		Plano (N=18)		Cavo (N=18)		P Valor
			Media	DE ( $\pm$ )	Media	DE ( $\pm$ )	Media	DE ( $\pm$ )	
MAXIMO PRESION MEDIA (KPA)	Pie Derecho	Externa	212,5	92,38	169,9 §	91,05	261 §	139,66	0,01*
		Interna	262,2	95,43	244,4	91,33	266,6	107,16	0,72
		Retropié	458,1	170,07	475,6	177,04	393,1	161,96	0,30
		Mediopié	158,8	115,98	166,6	81,19	240,1	171,13	0,06
		Antepié	277,4	91,51	226,5	96,26	294,7	111,88	0,10
	Pie Izquierdo	Externa	256,2	153,03	196,5 §	65,65	294,9 §	147,91	0,05*
		Interna	320,8	84,85	290,9	105,81	297	124,88	0,58
		Retropié	549,5	234,54	510,9	193,38	542,1	370,53	0,75
		Mediopié	217,6	164,73	165	127,80	242,5	135,51	0,12
		Antepié	309,1	82,75	254,1	113,09	323,6	146,54	0,14

**Tabla 5.** Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) para el tipo de pie Normal (N=28), Plano (N=18) y cavo (N=18) \* ( $p \leq 0,05$ ) § Diferencia significativa entre los grupos cavo y plano.

Los resultados del análisis de cómo afecta el tipo de calzado al máximo de presión media ofrecieron solo una diferencia significativa en la pierna derecha en la zona externa, siendo mayor esta presión en las botas de multitacos (Max. Presión media pierna der. Ext. =  $(F(1, 20) = 241,24 \pm 124,70 \text{ } t(63)=2,95 \text{ } p=0,004))$ )

El post hoc de Bonferroni para el análisis del tipo de pie indica que en la presión media externa tanto de la pierna derecha como de la pierna izquierda va ser significativamente diferente cuando se compara a los jugadores de pie plano con los jugadores con pie cavo.

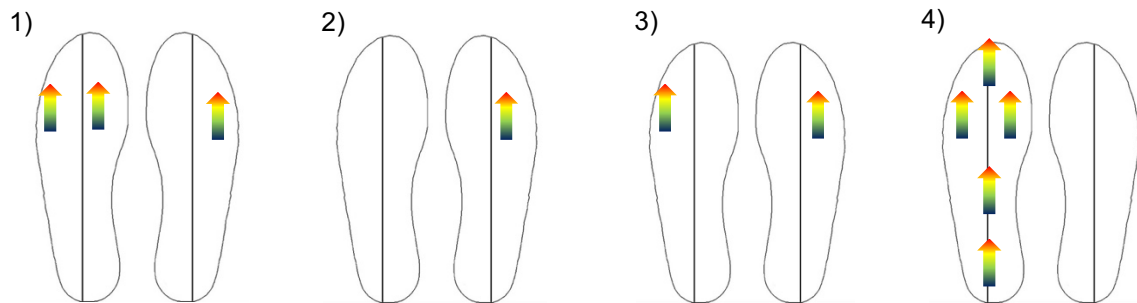
Siendo mayores los valores en los jugadores con pie cavo en la parte externa de ambas piernas (derecha cavo  $(F(2, 30) = 261,08 \pm 91,05 \text{ } p=0,012)$  contra derecha plano  $(F(2, 30) = 169,92 \pm 91,05 \text{ } p=0,012)$  e izquierda cavo  $(F(2, 30) = 294,91 \pm 147,91 \text{ } p=0,05)$  frente a izquierda plano  $(F(2, 30) = 196,58 \pm 65,65 \text{ } p=0,05)$ )

		DERECHA (N=64)		IZQUIERDA (N=64)		P Valor
		Media	Desviación estándar	Media	Desviación estándar	
MAXIMO PRESION MEDIA (KPA)	Externa	214,2	111,12	250,3	136,06	0,01*
	Interna	258,4	96,61	305,7	102,47	0,00*
	Retropié	444,7	170,43	536,6	266,43	0,00*
	Mediopié	183,9	129,28	209,8	147,98	0,00*
	Antepié	268	101,01	297,7	113,90	0,00*

**Tabla 6.** Máximo de la presión media distribuido por la lateralidad (derecha, izquierda) dividido en las zonas de análisis (externa, interna, retropié, mediopié, antepié) \* ( $p \leq 0,05$ ).

Los resultados para el análisis entre los dos pies durante la prueba mostraron un aumento significativo de las presiones para todas las zonas del pie izquierdo (Externa =  $(F(1,10)= 250,35 \pm 136,06 \text{ } t(63)= -2,64 \text{ } p=0,01)$ ; interna  $(F(1,10)= 305,72 \pm 102,47 \text{ } t(63)= -52,52 \text{ } p=0,00)$ ; Retropié  $(F(1,10)= 536,61 \pm 266,43 \text{ } t(63)=13,83 \text{ } p=0,00)$ ; Mediopié  $(F(1,10)= 209,86 \pm 147,98 \text{ } t(63)= 14,31 \text{ } p=0,00)$  y Antepié  $(F(1,10)= 297,74 \pm 113,90 \text{ } t(63)= -1,11 \text{ } p=0,00)$ ). Que corresponden a las regiones que ejercen más fuerza en la propulsión en el despegue del pie.

Las zonas que más se diferenciaron en todos los análisis fueron la parte externa del pie para los diferentes grupos de análisis, siendo la zona que más intereses puede suscitar en el análisis del fútbol, los análisis muestran una diferencia estadísticamente significativa sobre todo en la pierna izquierda. Grafico 1.



**Figura 5.** 1) Corresponde a las zonas con diferencias significativas entre los Chicos que presentaban valores de mayor presión y la mujeres. 2) La zona con diferencia significativa entre las botas de multitacos con mayor presión en la zona externa y el turf. 3) Muestra la zona con diferencias significativas entre los jugadores con pie cavo con mayor presión en la zona externa y los de pie plano. 4) Representa la comparación entre la lateralidad, donde el pie izquierdo muestra mayores presiones en el pie izquierdo en la zona interna, externa y de antepié frente al derecho.



## 5. DISCUSIÓN.

El objetivo de este estudio era determinar las diferencias que se encontraban en la distribución de las presiones plantares en un grupo de jugadores de fútbol jóvenes, diferenciando el género, el tipo de bota que utilizaron para realizar la actividad motora con transferencia al fútbol y el tipo de pie que presentaban.

En general las presiones plantares durante la prueba muestran la significancia de la máxima presión media en el pie derecho, posiblemente debido a que todos los movimientos que se realizaron durante el ejercicio fueron orientados para girar hacia el lado derecho, por lo que la pierna que realizaba el soporte y propulsión durante esos movimientos de cambio de dirección era la izquierda, por lo que el pie derecho podría tener un rol de estabilización. Diferenciándose de los resultados que concluyen otras investigaciones donde la pierna no preferente tenía el rol de estabilización (41).

Comparando los valores de la máxima presión media entre ambos pies para los jugadores se encontraron valores significativamente mayores en la pierna izquierda en todas las zonas de estudio frente a la pierna derecha eso puede deberse a dos momentos clave de la tarea que obligan a ejercer la propulsión con la pierna izquierda, el cambio de dirección para el desplazamiento lateral y el dribbling a la posta. Estos valores son los primeros en la literatura científica debido a que las tareas previamente diseñadas en las investigaciones anteriores respetaban los patrones de movimiento para ambos lados (40).

En relación al género, se observaron diferencias durante el análisis para la habilidad física con transferencia al fútbol. Se produjo un aumento significativo para los valores de la parte externa de ambos pies para los chicos lo que va en línea con investigaciones previas (44) que identifican como un patrón de normalidad encontrar estas diferencias entre ambos géneros. Posiblemente debido a la morfología estructural de las mujeres que presentan caderas más anchas lo que aumenta el ángulo del cuádriceps o ángulo Q, que se define como el ángulo formado por la línea que va desde la parte anterior superior de la espina iliaca al centro de la rótula y la línea que va desde el centro de la rótula a la tuberosidad de la tibia (58,59).

El aumento de este ángulo va a favorecer una rotación interna de la tibia lo que posiblemente conlleve a una pronación del pie como compensación (59), disminuyendo por tanto las presiones en la parte externa del pie.

Además los chicos realizaron más presión con el pie izquierdo en la zona interna lo que es novedad en la literatura científica pero puede estar más relacionado con la tarea o al hecho de que la zona abarque toda la parte interna desde antepié a retropié y los valores estén calculados con la media y puedan representar un aumento en el momento de propulsión, estando en ese caso en sintonía con los resultados previos de otras investigaciones (40).

El resultado de que los chicos vean aumentadas las presiones plantares de la zona externa puede conllevar a un aumento del riesgo de lesión por sobrecarga, como han identificado los estudios previos (14). Controlar y corregir el patrón de distribución de las presiones plantares de los chicos hacia la zona medial podría prevenir de lesiones como las fracturas del quinto metatarsiano por estrés, comúnmente asociadas con fuerzas repetitivas de impacto en supinación (4,60). Con ese objeto las plantillas han demostrado su utilidad como tratamiento preventivo, teniendo como primer objetivo controlar la eversión del pie y el impacto del metatarso en con más de  $10^\circ$  (61).

Así como en el caso contrario contener el exceso de pronación favorecido por la anatomía de la mujer, para prevenir lesiones relacionadas con el miembro inferior (46,62). Además la literatura indica que durante las actividades de cambios de dirección las mujeres demostraron un incremento significativo en el ángulo de abducción de rodilla en el contacto inicial del pie y en la fase de soporte, así como un incremento significativo del ángulo de eversión máxima del pie y un detrimento en el ángulo de flexión de rodilla en el aterrizaje del pie comparados con los chicos (46,47,62). (Figura 3)

En el análisis de las presiones plantares según el tipo de calzado también encontramos diferencias significativas en la parte externa del pie derecho, fomentadas por el tipo de tarea que realizaron, siendo mayor esta presión en las botas con un taco de mayor longitud, característicos de terrenos con ligera capacidad de absorción, que generan resistencia a la fricción a la hora del despegue del pie (64). Lo que podría motivar a un aumento de la presión en la zona externa por el aumento del tiempo del pie en contacto con el suelo. Además la configuración clásica de las botas aumenta la presión en la zona externa del pie (27). En cambio la bota con configuración Astroturf es más similar a una zapatilla haciendo que la distribución sea más uniforme por todo el área de la suela (64). Lo que explicaría porque existen diferencias entre estos dos tipos de botas en la tarea realizada. Un dato a tener en cuenta en la elección de la bota es la relación tracción-bota-suelo ya que sabemos que la hierba artificial por su composición favorece una mayor velocidad en el juego, la aparición de más cambios de dirección y por lo tanto mayor riesgo por el aumento de la presión en la parte externa



del pie (28), por lo que elegiremos cuidadosamente el tipo de bota, teniendo estos factores en cuenta.

Además estos resultados van en consonancia con la investigación de Queen et al. (65) que comparaba cuatro tipos de distribución y altura de tacos, durante una tarea de fútbol sin balón diferenciando entre hombre y mujeres. El estudio mostraba las diferencias entre los tacos de mayor longitud que ejercía mayores presiones y mayores integrales de presión tiempo en la parte lateral del pie que los tacos con disposición turf, las zapatillas de turf parecen ser las únicas que reducen la fuerza y la presión bajo las cabezas metatarsales y podrían minimizar el riesgo de ese tipo de lesión. Además para la vuelta a la actividad deportiva después de una lesión metatarsal, podría ser beneficioso llevar calzado tipo turf para minimizar las presiones durante las tareas que impliquen cambios de dirección. Además beneficia a la disminución de problemas de rodilla (66,67). Aunque habría que tener en cuenta la pérdida de tracción que conlleva resbalones y puede disminuir el rendimiento del deportista.

Las botas de fútbol y las actividades propias del fútbol como los cambios de dirección y los driblin fomentan la externalización de las presiones plantares (27,39). Algunos artículos previos han desarrollado diseños experimentales para examinar cómo afectaría el cambio de configuración de los tacos en el índice de riesgo de lesión. Torg et al. (68) fueron los primeros en investigar la relación entre la configuración de los tacos y la incidencia de lesiones. Encontraron que el número y tamaño de los tacos correlacionaba con la incidencia de lesiones en rodilla y tobillo. Además tacos menos exagerados podían reducir el número de lesiones.

En relación al tipo de pie este estudio mostró un incremento en las presiones plantares en la zona externa del pie derecho de los jugadores con pie cavo que fue significativamente mayor que los jugadores con el pie plano, en línea con las investigaciones previas que demuestran que los pies con esa morfología tienden a aumentar la presión en la zona externa, mientras que los jugadores con los pies planos tienden a disminuir la presión en la zona externa y aumentar la presión en la zona interna (22,24). Los pies planos pueden incrementar la incidencia de lesiones por sobreuso del miembro inferior incluidas las fracturas metatarsales, el síndrome de la cintilla iliotibial y el síndrome patelofemoral (17). Posiblemente por una pronación excesiva y mantenida sobre la parte interna de antepié que compensa con una abducción de rodilla que está relacionado con el dolor patelofemoral y de la cintilla iliotibial que tienen que controlar ese movimiento (68). Mientras que el pie cavo aumenta el riesgo de fracturas de la tibia y el quinto metatarsiano (19).



## 6. CONCLUSIONES.

Las tareas motrices sin balón realizadas en este estudio fomentan la externalización de las presiones plantares. En este contexto el género afecta a la distribución de las presiones plantares, los hombre tienden a generar mayores presiones plantares en la zona externa que las mujeres debido a la morfología estructural del miembro inferior, por lo que deberán elegir calzados con mejor distribución de la presión.

Por otro lado el tipo de bota también afecta a la distribución de las presiones plantares, la disminución del número de tacos en la suela de la bota, así como la mayor longitud de los mismos, aumentan las presiones máximas, principalmente en la parte externa de la bota comparadas con las botas de suela con mayor cantidad de tacos y más cortos, estilo Turf, que distribuyen mejor la presión en la superficie de la suela, lo que las hace más recomendables para la práctica deportiva.

Las botas Turf son recomendables principalmente en entrenamientos donde el nivel de exigencia de rendimiento no es tan alta como en la competición. Además, el tipo de pie va afectar también a la distribución de las presiones plantares, que se ven aumentadas en la parte externa del pie para los pies cavos comparadas con los pies planos donde su presión plantar se ve disminuida.

Por ultimo las acciones orientadas hacia la misma lateralidad van a fomentar las presiones en la pierna contraria al sentido del giro debido a la amortiguación, soporte y acción de propulsión que supone la pierna más alejada del giro. Siendo un factor importante a considerar por los entrenadores para proponer tareas que no sobrecarguen y fomenten un aprendizaje motor variado y equilibrado.

La elección de las tareas, el tipo de pie, el género y el tipo de bota son variables que van afectar a la distribución de las presiones plantares siendo necesaria su elección eficiente para el mejor desempeño y prevención de posibles lesiones del jugador de fútbol.



## **7. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL TRABAJO.**

### **Limitaciones:**

La realización de las tareas motrices fueron diseñadas para acortar al máximo el tiempo de prueba y no entorpecer el entrenamiento de los jugadores, por lo que se condensaron en una sola acción a máxima intensidad recogiendo todos los patrones motores característicos del fútbol, pero que normalmente no se dan de una forma consecutiva. Además, el diseño de la tarea pudo variar la distribución de las presiones plantares por fomentar un mayor apoyo en la pierna izquierda.

El instrumento de medida, Biofoot, tiene un software con un análisis genérico delimitando zonas de estudio que podrían no ser las mejor correspondidas con la suela característica del fútbol. Además las variable que aporta difieren en algunos cálculos como el integral de presión-tiempo a otros dispositivos en el mercado por ello se decidió no usarlos aun siendo un dato referente en la literatura.

Para finalizar, el estudio concluyo en diferentes estaciones del año para los diferentes equipos que se analizaron lo que podría haber afectado a las condiciones del terreno, además la distribución de las mujeres en los equipos era más baja que la de los hombres.

### **Fortalezas:**

La muestra representa un amplio espectro de la población además de ser representativa de la distribución de practicantes de ambos géneros. La tareas realizadas son un representación de los diseños de entrenamientos de la mayoría de los entrenadores de futbol lo que permite identificar problemas en el diseño de los ejercicios.

Por último los datos analizados se corresponden con los resultados de la literatura científica reafirmando la idea de que los hallazgos obtenidos con las plantillas instrumentadas confirman las diferencias entre las distribuciones según genero, tipo de bota y tipo de pie.



## **8. FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO.**

A raíz de los datos obtenidos y de las conclusiones parece interesante analizar con mayor profundidad la posibilidad de detectar talentos deportivos a través de la morfología del pie, así como, analizar la distribución de las presiones plantares cuando incluimos el implemento del balón. Además otros agentes participantes en el juego como los árbitros o linieres deben ser analizados debido a las características de sus movimientos durante la ejecución del juego.

Analizar a los jugadores profesionales de primer nivel puede ser el mejor objeto de estudio para comparar e identificar patrones plantares.

Por último, el uso de las plantillas instrumentadas durante las habilidades a alta intensidad bajo fatiga, parece ser el mejor método para evaluar las acciones características del fútbol. Por lo tanto se deberían simular esos escenarios para analizar las presiones plantares e investigar cómo afecta la fatiga al patrón.





---

## 9. REFERENCIAS.

- (1) FIFA C. FIFA Big Count 2006: 270 million people active in football. FIFA Communications Division, Information Services 2007;31:2007.
- (2) Gottlob CA, Baker CL, Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction: socioeconomic issues and cost effectiveness. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2000 Jun;29(6):472-476.
- (3) Wong P, Hong Y. Soccer injury in the lower extremities. *Br J Sports Med* 2005 Aug;39(8):473-482.
- (4) Dvorak J, Junge A, Chomiak J, Graf-Baumann T, Peterson L, Rösch D, et al. Risk factor analysis for injuries in football players possibilities for a prevention program. *Am J Sports Med* 2000;28(suppl 5):S-69-S-74.
- (5) Inklaar H. Soccer injuries. II: Aetiology and prevention. *Sports Med* 1994 Aug;18(2):81-93.
- (6) Knapp T, Mandelbaum B, Garrett W. Why are stress injuries so common in the soccer player? *Occupational Health and Industrial Medicine* 1999;2(40):92.
- (7) Mantini S, Bruner E, Colaiacomo B, Ciccarelli A, Redaelli A, Ripani M. Preliminary baropodometric analysis of young soccer players while walking: geometric morphometrics and comparative evaluation. *J Sports Med Phys Fitness* 2012 Apr;52(2):144-150.
- (8) Ribeiro AP, João SMA, Dinato RC, Tessutti VD, Sacco ICN. Dynamic Patterns of Forces and Loading Rate in Runners with Unilateral Plantar Fasciitis: A Cross-Sectional Study. *PloS one* 2015;10(9):e0136971.
- (9) Hockenbury RT. Forefoot problems in athletes. *Med Sci Sports Exerc* 1999 Jul;31(7 Suppl):S448-58.
- (10) Omey ML, Micheli LJ. Foot and ankle problems in the young athlete. *Med Sci Sports Exerc* 1999 Jul;31(7 Suppl):S470-86.
- (11) Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med* 1999 Jun;33(3):196-203.
- (12) Yde J, Nielsen AB. Sports injuries in adolescents' ball games: soccer, handball and basketball. *Br J Sports Med* 1990 Mar;24(1):51-54.
- (13) Ekstrand J, Hagglund M, Walden M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med* 2011 Jun;39(6):1226-1232.
- (14) Ekstrand J, van Dijk CN. Fifth metatarsal fractures among male professional footballers: a potential career-ending disease. *Br J Sports Med* 2013 Aug;47(12):754-758.
- (15) Dameron TB, Jr. Fractures and anatomical variations of the proximal portion of the fifth metatarsal. *J Bone Joint Surg Am* 1975 Sep;57(6):788-792.
- (16) Popovic N, Jalali A, Georis P, Gillet P. Proximal fifth metatarsal diaphyseal stress fracture in football players. *Foot and ankle surgery* 2005;11(3):135-141.
- (17) Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *Am J Sports Med* 1999 Sep-Oct;27(5):585-593.
- (18) Williams Iii DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clin Biomech* 2001;16(4):341-347.
- (19) Simkin A, Leichter I, Giladi M, Stein M, Milgrom C. Combined effect of foot arch structure and an orthotic device on stress fractures. *Foot Ankle* 1989 Aug;10(1):25-29.
- (20) Sneyers CJ, Lysens R, Feys H, Andries R. Influence of malalignment of feet on the plantar pressure pattern in running. *Foot Ankle Int* 1995 Oct;16(10):624-632.

- 
- (21) Bennell K, Matheson G, Meeuwisse W, Brukner P. Risk factors for stress fractures. *Sports Medicine* 1999;28(2):91-122.
- (22) Chuckpaiwong B, Nunley JA, Mall NA, Queen RM. The effect of foot type on in-shoe plantar pressure during walking and running. *Gait Posture* 2008;28(3):405-411.
- (23) Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. *Gait Posture* 2002;15(1):1-9.
- (24) Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait Posture* 2009;29(4):582-586.
- (25) Ekstrand J, Gillquist J. The avoidability of soccer injuries. *Int J Sports Med* 1983 May;4(2):124-128.
- (26) Majid F, Bader DL. A biomechanical analysis of the plantar surface of soccer shoes. *Proc Inst Mech Eng H* 1993;207(2):93-101.
- (27) Carl HD, Pauser J, Swoboda B, Jendrissek A, Brem M. Soccer boots elevate plantar pressures in elite male soccer professionals. *Clin J Sport Med* 2014 Jan;24(1):58-61.
- (28) Meyers MC, Barnhill BS. Incidence, causes, and severity of high school football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 5-year prospective study. *Am J Sports Med* 2004 Oct-Nov;32(7):1626-1638.
- (29) Lysens R, De Weerd W, Nieuwboer A. Factors associated with injury proneness. *Sports medicine* 1991;12(5):281-289.
- (30) Meeuwisse W. Predictability of sports injuries. *Sports Medicine* 1991;12(1):8-15.
- (31) Orchard J. Is there a relationship between ground and climatic conditions and injuries in football? *Sports medicine* 2002;32(7):419-432.
- (32) Tessutti V, Trombini-Souza F, Ribeiro AP, Nunes AL, Sacco, Isabel de Camargo Neves. In-shoe plantar pressure distribution during running on natural grass and asphalt in recreational runners. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2010;13(1):151-155.
- (33) Ford KR, Manson NA, Evans BJ, Myer GD, Gwin RC, Heidt RS, et al. Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2006;9(6):433-440.
- (34) Arendt EA. Stress fractures and the female athlete. *Clin Orthop* 2000;372:131-138.
- (35) Nigg BM. The role of impact forces and foot pronation: a new paradigm. *Clinical journal of sport medicine* 2001;11(1):2-9.
- (36) Nagel A, Fernholz F, Kibele C, Rosenbaum D. Long distance running increases plantar pressures beneath the metatarsal heads: a barefoot walking investigation of 200 marathon runners. *Gait Posture* 2008;27(1):152-155.
- (37) García-Pérez JA, Pérez-Soriano P, Llana S, Martínez-Nova A, Sánchez-Zuriaga D. Effect of overground vs treadmill running on plantar pressure: Influence of fatigue. *Gait Posture* 2013;38(4):929-933.
- (38) Weist R, Eils E, Rosenbaum D. The influence of muscle fatigue on electromyogram and plantar pressure patterns as an explanation for the incidence of metatarsal stress fractures. *Am J Sports Med* 2004 Dec;32(8):1893-1898.
- (39) Eils E, Streyl M, Linnenbecker S, Thorwesten L, Volker K, Rosenbaum D. Characteristic plantar pressure distribution patterns during soccer-specific movements. *Am J Sports Med* 2004 Jan-Feb;32(1):140-145.
- (40) Wong PL, Chamari K, Mao DW, Wisloff U, Hong Y. Higher plantar pressure on the medial side in four soccer-related movements. *Br J Sports Med* 2007 Feb;41(2):93-100.

- 
- (41) Wong PL, Chamari K, Chaouachi A, Mao DW, Wisloff U, Hong Y. Difference in plantar pressure between the preferred and non-preferred feet in four soccer-related movements. *Br J Sports Med* 2007 Feb;41(2):84-92.
- (42) Petry VK, Paletta JR, El-Zayat BF, Efe T, Michel NS, Skwara A. Influence of a training session on postural stability and foot loading patterns in soccer players. *Orthopedic reviews* 2016;8(1).
- (43) Queen RM, Abbey AN, Wiegerinck JI, Yoder JC, Nunley JA. Effect of shoe type on plantar pressure: a gender comparison. *Gait Posture* 2010;31(1):18-22.
- (44) Sims EL, Hardaker WM, Queen RM. Gender differences in plantar loading during three soccer-specific tasks. *Br J Sports Med* 2008 Apr;42(4):272-277.
- (45) McLean SG, Lipfert SW, van den Bogert, Antonie J. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(6):1008.
- (46) Ferber R, Davis IM, Williams Iii DS. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clin Biomech* 2003;18(4):350-357.
- (47) James CR, Sizer PS, Starch DW, Lockhart TE, Slauterbeck J. Gender differences among sagittal plane knee kinematic and ground reaction force characteristics during a rapid sprint and cut maneuver. *Res Q Exerc Sport* 2004;75(1):31-38.
- (48) Ford KR, Myer GD, Toms HE, Hewett TE. Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(1):124-129.
- (49) McLEAN SG, Neal RJ, Myers PT, Walters MR. Knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver: potential for injury in women. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:959-968.
- (50) Murphy DF, Beynnon BD, Michelson JD, Vacek PM. Efficacy of plantar loading parameters during gait in terms of reliability, variability, effect of gender and relationship between contact area and plantar pressure. *Foot Ankle Int* 2005 Feb;26(2):171-179.
- (51) Martínez-Nova A, Cuevas-García JC, Pascual-Huerta J, Sánchez-Rodríguez R. BioFoot® in-shoe system: Normal values and assessment of the reliability and repeatability. *The Foot* 2007;17(4):190-196.
- (52) Martínez Baena AC, Chillón P, Martín-Matillas M, Pérez López I, Castillo R, Zapatera B, et al. Motivos de abandono y no práctica de actividad físico-deportiva en adolescentes españoles: estudio Avena. *Cuadernos de Psicología del Deporte* 2012;12(1):45-54.
- (53) Maffulli N, Longo UG, Gougoulas N, Loppini M, Denaro V. Long-term health outcomes of youth sports injuries. *Br J Sports Med* 2010 Jan;44(1):21-25.
- (54) Leddy MH, Lambert MJ, Ogles BM. Psychological consequences of athletic injury among high-level competitors. *Res Q Exerc Sport* 1994;65(4):347-354.
- (55) Dohle S, Wansink B. Fit in 50 years: participation in high school sports best predicts one's physical activity after age 70. *BMC Public Health* 2013 Dec 1;13:1100-2458-13-1100.
- (56) Hawkins RD, Fuller CW. A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med* 1999 Jun;33(3):196-203.
- (57) Shiang T, Lee S, Lee S, Chu WC. Evaluating different footprints parameters as a predictor of arch height. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE* 1998;17(6):62-66.
- (58) HSU RW, HIMENO S, COVENTRY MB, CHAO EY. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clin Orthop* 1990;255:215-227.
- (59) Nilstad A, Andersen TE, Bahr R, Holme I, Steffen K. Risk factors for lower extremity injuries in elite female soccer players. *Am J Sports Med* 2014 Apr;42(4):940-948.
- (60) Egol KA, Koval KJ, Zuckerman JD. *Handbook of fractures*. : Lippincott Williams & Wilkins; 2010.

- 
- (61) Konkel KF, Menger AG, Retzlaff SA. Nonoperative treatment of fifth metatarsal fractures in an orthopaedic suburban private multispeciality practice. *Foot Ankle Int* 2005 Sep;26(9):704-707.
- (62) McLean SG, Lipfert SW, van den Bogert, Antonie J. Effect of gender and defensive opponent on the biomechanics of sidestep cutting. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36(6):1008.
- (63) Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Jr, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med* 2005 Apr;33(4):492-501.
- (64) Majid F, Bader DL. A biomechanical analysis of the plantar surface of soccer shoes. *Proc Inst Mech Eng H* 1993;207(2):93-101.
- (65) Queen RM, Charnock BL, Garrett WE, Jr, Hardaker WM, Sims EL, Moorman CT, 3rd. A comparison of cleat types during two football-specific tasks on FieldTurf. *Br J Sports Med* 2008 Apr;42(4):278-84; discussion 284.
- (66) Lambson RB, Barnhill BS, Higgins RW. Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries. A three-year prospective study. *Am J Sports Med* 1996 Mar-Apr;24(2):155-159.
- (67) Torg JS, Quedenfeld T. Effect of shoe type and cleat length on incidence and severity of knee injuries among high school football players. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation* 1971;42(2):203-211.
- (68) Mitchell J, Magnussen RA, Collins CL, Currie DW, Best TM, Comstock RD, et al. Epidemiology of Patellofemoral Instability Injuries Among High School Athletes in the United States. *Am J Sports Med* 2015 Jul;43(7):1676-1682.